АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 10 АВГУСТ, 1974 ВЫПУСК 3

ИЗМЕНЕНИЯ КОНТУРОВ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ H_α И H_β В СПЕКТРЕ RY TAU

Е. А. КОЛОТИЛОВ, Г. В. ЗАЙЦЕВА

Поступила 7 февраля 1974

Проведены в 1971—73 гг. спектральные и фотоэлектрические UBV-наблюдения неправильной переменной звезды RY Tau на 125- и 60-*см* рефлекторах Крымской станции ГАИШ. Контуры эмиссионных линий H_α и H_β (дисперсия ~ 20 А/*мм*) получены на дифракционном спектрографе, работающем с ЭОП. Линии являются переменными, со временем меняется не только вид контура, но и интенсивности эмиссий. Анализ эмиссии H_α показал, что крылья линии хорошо описываются доплеровскими контурами. Вычисленная по крыльям характерная скорость движения v_D меняется на протяжении периода наблюдений, среднее значение $v_D \approx 200$ *км/сек*. Определены некоторые характеристики оболочки: светимости в линиях H_α и H_β, соответственно, $2.2 \cdot 10^{31}$ *эрг/сек* и $4.6 \cdot 10^{30}$ *эрг/сек*, отношение $H_\alpha/H_\beta \approx 7$, оптическая толщина $\tau_{H_\alpha} \approx 40$.

Введение. RY Tau, переменность блеска которой открыта в 1907 г. мисс Ливитт на Гарвардских фотографиях, является одной из наиболее ярких звезд типа T Tau. Звезда расположена в голове слабой веерообразной туманности длиной $\sim 7'$ *дуги*. Пластинки более крупного масштаба обнаруживают яркую туманность, простирающуюся на $15'' - 20''$ к северо-западу от звезды. В 1961 г. Хербиг [1] сообщил об изменении яркости этой туманности.

Анализ характера изменений блеска RY Tau на основе фотографического материала проводился Холоповым [2] и Драгомирецкой и Цесевичем [3]. Отмечены большие, достигающие в фотографических лучах 3^m, медленные флуктуации яркости, а также накладывающиеся на эти флуктуации мелкие колебания блеска. Согласно фотоэлектрическим наблюдениям [4—6] для RY Tau нет однозначной зависи-

мости между изменениями блеска и показателей цвета (B — V) и (U — B), т. е. изменения интенсивности излучения в ультрафиолетовой области спектра происходят в значительной степени независимо от общего блеска звезды.

Мендоза [7, 8], на основе многоцветной фотометрии в диапазоне 0.36 — 5.0μ обнаружил значительный инфракрасный избыток у RY Tau, показатель цвета (V — M) $\sim 7^m$. Он оценил также массу звезды ($\sim$ 2.8 $M_\odot$) и её возраст ($\sim 3.10^5$ *лет*).

Спектральный класс RY Tau, согласно Джою [9], меняется в пределах F8 — G2. Эмиссионный спектр, характерный для звезд типа T Tau, представлен у RY Tau довольно слабо. В эмиссии наблюдаются лишь четыре первых члена серии Бальмера и линии H и K Ca II. Хербиг [1] обнаружил в минимуме блеска у этой звезды эмиссионные линии [S II] λ 4068 и λ 4076. Бонзак и Гринстейн [10] наблюдали наряду с линиями [S II] линии [OI] в районе 6300 A (тоже в минимальном блеске).

В работах [9, 11] отмечалось изменение интенсивностей ярких линий в спектре RY Tau. Исмаилов [12] наблюдал изменения контура линии H_α в течение одной ночи.

Контуры эмиссионных линий H_α и H_β и линии K Ca II в спектре RY Tau изучались Кухи [13]. Кухи использовал для вычислений по два контура линий H_α и K Ca II и один контур линии H_β. Он построил стационарную модель расширяющейся оболочки, в которой выброшенные с поверхности звезды атомы имеют одинаковую начальную скорость и подвержены только силам гравитации. Была получена оценка скорости потери массы, равная для RY Tau $0.3 \cdot 10^{-7} M_\odot$/*год*.

Спектральные и фотоэлектрические UBV наблюдения звезды RY Tau проводились нами в 1971 — 73 гг. Целью работы было выяснение характера изменений контуров эмиссионных линий H_α и H_β, а также возможной их связи с изменениями блеска звезды.

Наблюдательный материал. Спектральные наблюдения проводились на 125-*см* рефлекторе Крымской станции ГАИШ с помощью дифракционного спектрографа, работающего с контактным ЭОП. Спектры фотографировались на подсвеченную пленку А-600, дисперсия спектрограмм 20 A/*мм* в области H_α и 25 A/*мм* в области H_β. Все спектрограммы были измерены в интенсивностях на микрофотометре ГАО АН УССР, описание микрофотометра дано в [14]. Характеристики применявшейся аппаратуры, методика наблюдений и обработки спектрограмм приводятся нами в [15].

Были выполнены также спектральные наблюдения звезд BD + 54° 1207 (F 8 V) и BD + 25° 1858 (G 3 V), которые послужили нам стан-

дартами при построении контуров звездных линий поглощения для RY Tau. Получены для BD + 54° 1207 три спектрограммы в области H_α и три спектрограммы в области H_β и, соответственно, три и две спектрограммы для BD + 25° 1858. По этим спектрограммам для каждой звезды были построены контуры абсорбционных линий H_α и H_β. Поскольку спектральный класс RY Tau меняется в пределах F8 — G2, то в качестве контуров её линий поглощения H_α и H_β были приняты контуры, полученные осреднением соответствующих контуров стандартных звезд.

Фотоэлектрические UBV-наблюдения RY Tau проводились на 60-*см* рефлекторе Крымской станции ГАИШ.

Всего для RY Tau получены 14 спектрограмм в области H_α и 4 спектрограммы в области H_β, даты наблюдений указаны в 1 столбце табл. 1. На рис. 1 приведены для примера репродукции двух спектрограмм области H_α. Времена экспозиции при расширении спектров до 0.5 *мм* составляли в среднем 40 *мин* для H_α и 50 *мин* для H_β. В столбцах 2, 3 и 4 табл. 1 приведены UBV величины RY Tau, полученные одновременно со спектральными наблюдениями. Следует отметить, что в период наблюдений звезда находилась в слабом блеске, около 11^m в V, в то время как в максимуме она достигает $10^m.0$—$10^m.2$.

Анализ эмиссионной линии H_α. На рис. 2 представлены наблюдаемые в спектре RY Tau контуры эмиссионной линии H_α. Как видно из рисунка, меняется не только вид контура, но и общая интенсивность линии. Минимальное время переменности, которое можно выделить по нашим наблюдениям, составляет одни сутки (рис. 1, контуры для 24. III и 25. III. 73). Для всех контуров была измерена величина W_λ — наблюдаемая эквивалентная ширина эмиссии, результаты изменений содержатся в столбце 5 табл. 1.

а) *Исследование центральной абсорбции контуров.* Практически у всех наблюдаемых контуров хорошо выделяется двухкомпонентная структура линии — фиолетовый и красный эмиссионные компоненты, разделенные центральной абсорбцией. Для этих контуров были измерены следующие величины (см. рис. 1, контур для 14. XII. 71): отношение центральных интенсивностей фиолетового и красного эмиссионных компонентов V/R; лучевые скорости вершин этих компонентов VE и RE, соответственно; лучевая скорость $V_{абс}$ центра абсорбционной компоненты; лучевые скорости краев фиолетового и красного эмиссионных компонентов v_B и v_R, соответственно, по которым вычислялась величина $v_{эм} = 1/2(v_B + v_R)$, принимаемая нами за лучевую

Дата	V	B	U	Wλ (A)
11—12.X.71	$10^m.86$	$11^m.86$	$12^m.29$	15.1
14—15.XII.71	—	—	—	19.0
21—22.VIII.72	—	—	—	25.5
10—11.XI.72	11.11	12.13	12.64	19.0
1—2.XII.72	11.09	12.04	12.37	31.2
6—7.XII.72 (Hβ)	11.11	12.09	12.47	2.7
3—4.I.73	11.18	12.18	12.68	16.7
4—5.I.73	—	—	—	14.1
17—18.I.73	—	—	—	18.6
23—24.I.73	10.97	11.94	—	20.6
24—25.I.73	—	—	—	16.1
3—4.II.73	—	—	—	21.9
5—6.II.73	10.92	11.98	12.55	12.1
8—9.III.73 (Hβ)	10.81	11.84	12.30	2.2
24—25.III.73	—	—	—	28.0
25—26.III.73	10.67	11.65	—	16.0

Примочание: величины в 7—12 столбцах выражены в *км/сек.*

Таблица 1

V/R	VE	RE	$v_{абс}$	v_B	v_R	v_D	N_3'/N_3
0.64	−135	+ 45	−115	−460	+410	180	0.60
0.53	−150	+ 70	− 90	−500	+500	225	0.90
—	—	—	—	−420	+530	205	0.90
0.45	−230	+ 10	−175	−540	+420	195	0.85
0.68	− 90	+135	0	−590	+640	245	0.90
0.44	−205	+ 50	−150	−420	+490	210	0.85
0.47	−195	0	−155	−430	+390	175	0.60
0.26	−250	0	−205	−480	+430	190	0.85
0.52	−250	− 45	−205	−570	+430	220	0.90
0.51	−250	− 20	−205	−520	+390	180	0.60
0.85	−135	+115	− 45	−530	+430	200	0.50
1.27	−125	+135	+ 20	−440	+430	200	0.55
1.10	−186	+ 80	− 75	−570	+560	250	0.80
0.45	−186	+ 95	−120	−490	+470	220	0.80

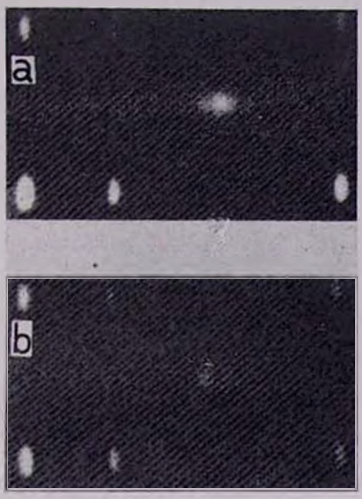

Рис. 1. Спектры области H_α для RY Tau a) 24—25.I.73, b) 5—6.II.73.

К ст. Е. А. Колотилова, Г. В. Зайцевой

скорость линии. Результаты измерений содержатся в столбцах 6—11 табл. 1.

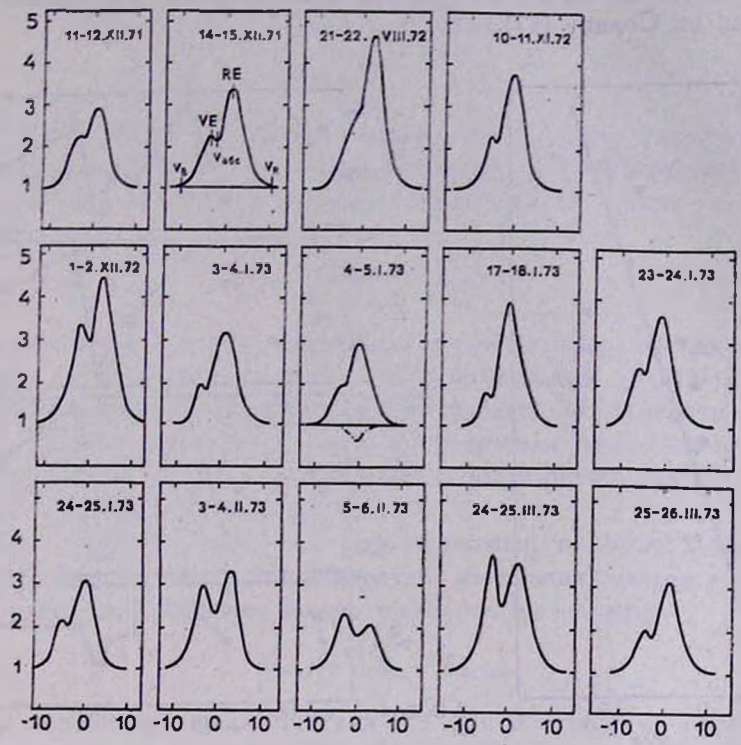

Рис. 2. —— контуры эмиссионной линии H_α в спектре RY Tau, —·—·—контур линии поглощения для звезды G 0V. Контуры построены в единицах интенсивности непрерывного спектра, масштаб оси ординат одинаков для всех контуров. По оси абсцисс отложены $\pm\Delta\lambda$ в А.

На рис. 3 а) и б) показаны зависимости величины V/R от $v_{абс}$ и изменение величин VE, RE, $v_{абс}$ и $v_{эм}$ со временем. Можно отметить существование корреляции между величинами V/R и $v_{абс}$, а также согласованный характер изменений величин VE, RE и $v_{абс}$. Как видно из рисунка, лучевая скорость абсорбционного ядра меняется в значительных пределах, в то время, как $v_{эм}$ изменяется не сильно. Можно подозревать также некоторую периодичность в изменении $v_{абс}$, но для окончательных выводов необходимы дальнейшие наблюдения. По 14 спектрограммам среднее значение $v_{абс} \approx -130$ *км/сек*.

б) *Исследование механизма расширения эмиссии.* При анализе наблюдаемых контуров линии H_α мы последовали методике, применен-

ной А. А. Боярчуком и И. И. Проник [16] при изучении контуров эмиссии H_α в спектрах некоторых Be-звезд. Аналогичная методика применялась также А. Н. Коваль при исследовании водородной эмиссии в усах на Солнце [17].

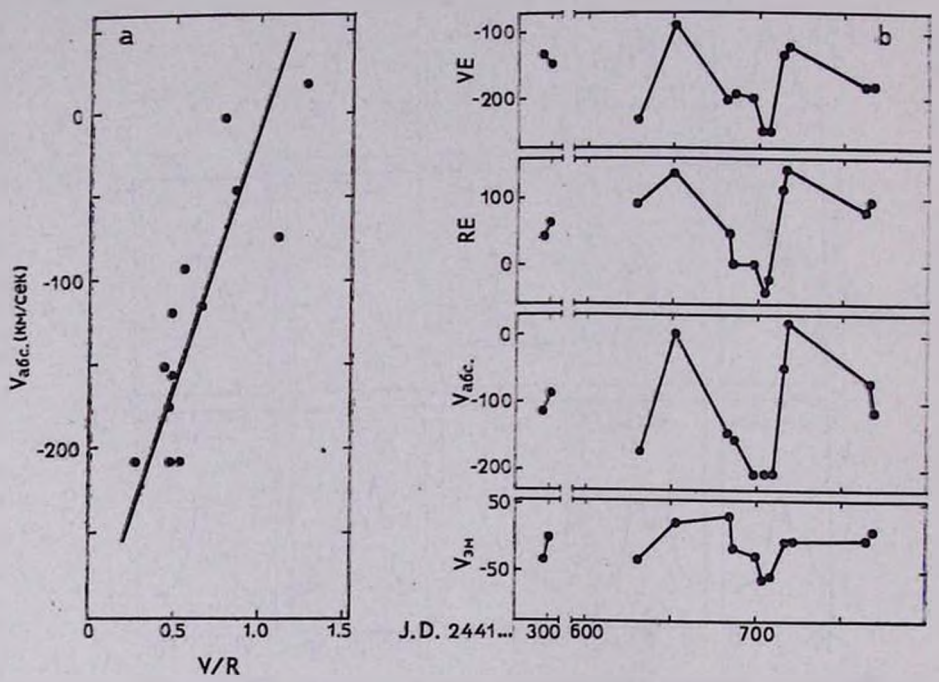

Рис. 3. а) Зависимость величины V/R от $v_{абс}$; б) Изменение величин VE, RE, $v_{абс}$ и $v_{эм}$ (выражены в *км/сек*) во времени (юлианские дни).

Будем считать для крыльев эмиссионной линии H_α справедливым приближение оптически тонкого слоя. Тогда можно записать выражение для интенсивности излучения в виде

$$I(\Delta\nu) = \frac{1}{4\pi} A_{32}\, h\nu_{32}\, N_3\, \varphi(\Delta\nu),$$

где N_3 — число водородных атомов на луче зрения над 1 *см*^{2} поверхности звезды, A_{32} — вероятность перехода $3 \to 2$, $\varphi(\Delta\nu)$ — частотный профиль коэффициента излучения. Функция $\varphi(\Delta\nu)$ удовлетворяет условию:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(\Delta\nu)\, d\nu = 1.$$

Если форма коэффициента излучения определяется движением атомов, тогда для интенсивности в крыльях (в шкале λ) получим

$$I(\Delta\lambda) \sim e^{-\left(\frac{\Delta\lambda}{\Delta\lambda_D}\right)^2},$$

где $\Delta\lambda$ — расстояние от центра линии, $\Delta\lambda_D = (v/c)\lambda_0$ — величина, зависящая от характерной скорости движения излучающих атомов v. Когда определяющим является затухание вследствие излучения,

$$I(\Delta\lambda) \sim \frac{1}{\Delta\lambda^2}.$$

Таким образом, при доплеровском механизме расширения линии существует пропорциональность между величинами $\lg(I(\Delta\lambda))/I'$ и $\Delta\lambda^2$, где коэффициент пропорциональности зависит от скорости движения атомов. Для затухания вследствие излучения величина $\lg(I(\Delta\lambda))/I'$ пропорциональна $\lg\Delta\lambda$ и коэффициент пропорциональности равен 2. Здесь I' — некоторая постоянная.

Если оболочка прозрачна для излучения, то наблюдаемая интенсивность есть сумма интенсивностей излучения звезды и оболочки. Тогда излучение оболочки можно выделить по формуле:

$$I_{\text{обол}} = I_{\text{набл}} - I_{\text{звезды}}.$$

Контур линии поглощения H_α для RY Tau построен по нашим наблюдениям стандартных звезд F8V и G3V. Этот контур использовался при определении интенсивности $I_{\text{обол}}$ в крыльях ($\Delta\lambda \geqslant 4$A) эмиссионной линии H_α. Принималось во внимание при этом значение лучевой скорости RY Tau + 26 *км/сек*, взятое из [13].

Для каждого наблюдаемого контура были построены графики в двух системах осей: $\lg(I_{\text{обол}}/I')$, $\Delta\lambda^2$ и $\lg(I_{\text{обол}}/I')$, $\lg\Delta\lambda$. Вообще говоря, крылья линии у большинства контуров несимметричны, и измерения для фиолетового и красного крыльев контура сдвигались по оси ординат до совмещения. На рис. 4 приведены для примера графики обоих типов для нескольких спектрограмм линии H_α.

Построенные таким образом графики показали, что для всех контуров в координатах $\lg I_{\text{обол}}/I'$, $\Delta\lambda^2$ точки удовлетворительно ложатся на прямые в отличие от графиков типа $\lg(I_{\text{обол}}/I')$, $\lg\Delta\lambda$, т. е. наблюдения свидетельствуют, что крылья линии H_α в спектре RY Tau хорошо описываются доплеровскими контурами. Далее, по каждому графику в осях $\lg(I_{\text{обол}}/I')$, $\Delta\lambda^2$ были определены коэффициенты пропорциональности и, соответственно, вычислены характерные скорости

движения v_D излучающих атомов. Результаты вычислений содержатся в столбце 12 табл. 1. Как видно из таблицы, величина v_D менялась на протяжении периода наблюдений, среднее значение ее ~ 200 *км/сек*.

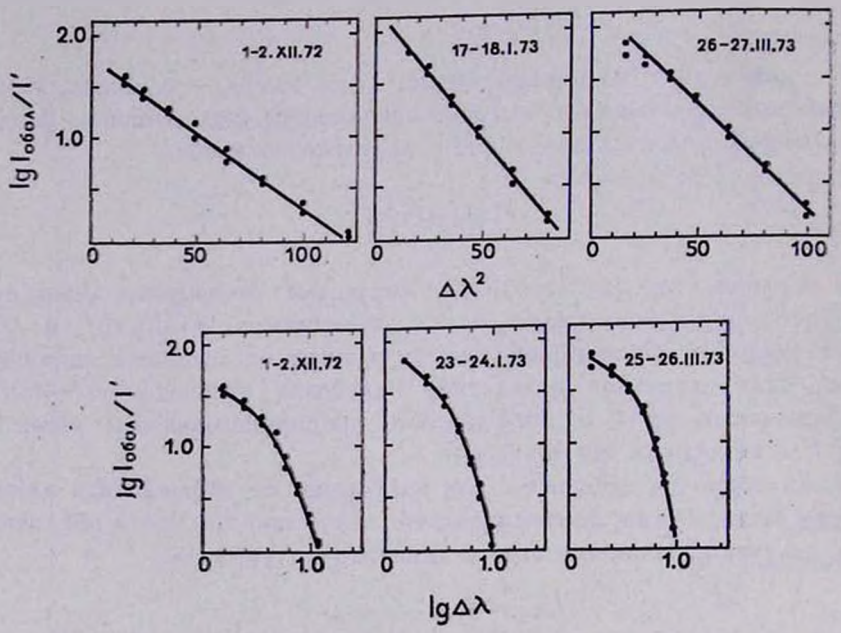

Рис. 4. Зависимости величин $\lg I_{обол}/I'$ от $\Delta\lambda^2$ и $\lg \Delta\lambda$ для крыльев ($\Delta\lambda > 4$ A) линии H_α.

Так как проведенный анализ показал, что эмиссия в крыльях линии H_α оптически тонкая, то их протяженность до 10—12 A указывает на скорости, доходящие до ~ 500 *км/сек*.

в) *О самопоглощении излучения в H_α*. Если предположить, что оболочка прозрачна во всех частотах линии H_α, то можно определить число излучающих атомов N_3' по формуле:

$$E(H_\alpha) = \frac{1}{4\pi} A_{32} h\nu_{32} N_3',$$

где $E(H_\alpha)$ — энергия, излученная столбцом оболочки с основанием 1 *см*² в линии H_α. С другой стороны, так как проведенное исследование показало, что в крыльях линии оболочка прозрачна и расширение линии вызывается эффектом Доплера, можно определить число N_3 из выражения:

$$I(\Delta\lambda) = \frac{1}{4\sqrt{\pi^3}} A_{32} \frac{hc}{\lambda \Delta\lambda_D} e^{-\left(\frac{\Delta\lambda}{\Delta\lambda_D}\right)^2} N_3,$$

где $I(\Delta\lambda)$ — интенсивность излучения столбца оболочки в крыле линии на расстоянии $\Delta\lambda$ от центра. Величины N_3' и N_3 можно вычислить, если выразить $E(H_\alpha)$ и $I(\Delta\lambda)$ в абсолютных энергетических единицах и знать размеры излучающей области. Однако, если взять отношение:

$$\frac{N_3'}{N_3} = \frac{E(H_\alpha)}{I(\Delta\lambda)} \cdot \frac{1}{\sqrt{\pi}\,\Delta\lambda_D} e^{-\left(\frac{\Delta\lambda}{\Delta\lambda_D}\right)^2},$$

то здесь вместо величин $E(H_\alpha)$ и $I(\Delta\lambda)$ можно использовать соответствующие эквивалентные ширины, выраженные в единицах интенсивности непрерывного спектра. Вместо $E(H_\alpha)$ подставлялись измеренные W_λ эмиссии H_α и вместо $I(\Delta\lambda)$ эквивалентные ширины участка линии шириной в 1 А на расстоянии $\Delta\lambda = 5.5$ А от центра. Результаты вычисления отношений N_3'/N_3 представлены в столбце 13 табл.1. Величины N_3'/N_3 меньше единицы (среднее значение ~ 0.75), что указывает на самопоглощение излучения в линии H_α.

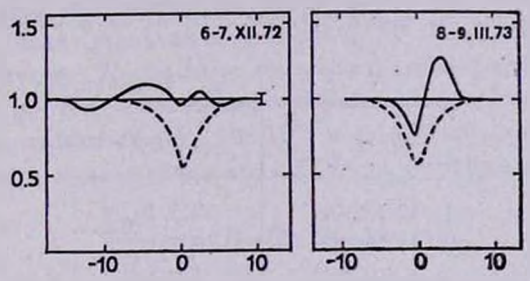

Рис. 5. —— контуры эмиссионной линии H_β в спектре RY Tau, - - - контур линии поглощения H_β для звезды G0V. Контуры выражены в единицах интенсивности непрерывного спектра, вертикальной черточкой указана ошибка построения контура. По оси абсцисс отложены $\pm\Delta\lambda$ в А.

Наблюдаемые контуры линии H_β. На рис. 5 приводятся два наблюдаемых в спектре RY Tau контура линии H_β. На двух других спектрограммах области H_β, полученных 3.III.73 и 7.III.73, линия не видна ни в эмиссии, ни в поглощении. Точность построения контуров по нашим спектрограммам оценивалась ранее [15] и составляет 0.03

от единицы непрерывного спектра. Контур линии H_β, наблюдавшийся 6.XII.72, очень похож на контур этой линии, приведенный Кухи [13].

Кроме изменения вида контура со временем, обращает на себя внимание малая интенсивность эмиссии в H_β по сравнению с эмиссией в H_α. На рис. 5 показан также контур линии поглощения, построенный по наблюдениям стандартных звезд. Излучение оболочки выделялось согласно формуле $I_{обол} = I_{набл} - I_{звезды}$, величины W_λ эмиссии указаны в столбце 5 табл. 1. Ширина эмиссии оболочки, как видно из рис. 5, не превосходит ширины линии поглощения.

Определение интенсивности излучения в линиях H_α и H_β в абсолютных энергетических единицах. Как уже отмечалось, в некоторые ночи одновременно со спектральными наблюдениями были проведены фотоэлектрические измерения блеска RY Tau в фильтрах UBV. Это позволяет, определив эквивалентную ширину эмиссионной линии из фотографических наблюдений, выразить интенсивность излучения в линии в абсолютных энергетических единицах. Код [18] дает значение освещенности, равное $3.8 \cdot 10^{-9}$ *эрг/см² сек* А (для $\lambda = 5560$А) у Земли для звезды с $m_V = 0^m00$. Относительное распределение энергии в спектре звезды G0V мы взяли из [19]. Используя эти данные, а также фотоэлектрические величины V, полученные в моменты спектральных наблюдений, мы вычислили наблюдаемые потоки в линиях H_α и H_β в *эрг/сек см²* (табл. 2, 2 столбец).

Таблица 2

Дата	$F_{набл}$ (*эрг/см²сек*)
11—12.XII.71	$2.2 \cdot 10^{-12}$
10—11.XI.72	$2.2 \cdot 10^{-12}$
1—2.XII.72	$3.7 \cdot 10^{-12}$
6—7.XII.72 (H_β)	$4.1 \cdot 10^{-13}$
3—4.I.73	$1.8 \cdot 10^{-12}$
23—24.I.73	$2.7 \cdot 10^{-12}$
5—6.II.73	$1.65 \cdot 10^{-12}$
8—4.III.73 (H_β)	$4.2 \cdot 10^{-13}$
25—26.III.73	$2.8 \cdot 10^{-12}$

Как видно из табл. 2, изменения наблюдаемого потока в линии H_α (по линии H_β мы располагаем недостаточным числом наблюдений) происходят так же, как и колебания блеска звезды, неправильным об-

разом. Максимальное изменение потока достигает двух раз. Средние значения за период наблюдений

$F_{\text{набл}}(H_\alpha) \approx 2.5 \cdot 10^{-14}$ *эрг/см² сек* и $F_{\text{набл}}(H_\beta) \approx 4.15 \cdot 10^{-13}$ *эрг/см² сек.*

Принимая, согласно [20], расстояние до RY Tau равным 200 *пс* и величину межзвездного поглощения $A_V = 0^m.9$, вычислим средние светимости оболочки в линиях H_α и H_β

$$F(H_\alpha) \approx 2.2 \cdot 10^{31} \text{ эрг/сек и } F(H_\beta) \approx 4.6 \cdot 10^{30} \text{ эрг/сек.}$$

В декабре 1972 г. были получены спектрограммы для RY Tau в две довольно близкие даты — 1.XII в области H_α и 6.XII в области H_β. Блеск звезды в этот интервал менялся незначительно (см. табл. 1). Можно определить по этим спектрограммам отношение энергий, излученных оболочкой в линиях H_α и H_β

$$\frac{H_\alpha}{H_\beta} \approx 7.$$

Наблюдения более высоких членов серии Бальмера нами не проводились. Отметим здесь, что, согласно Джою [9], слабая эмиссия наблюдается в фиолетовых крыльях линий поглощения H_γ и H_ϵ в спектре RY Tau.

Обсуждение результатов. Модель газовой оболочки, окружающей RY Tau, была предложена Кухи [13]. Согласно его расчетам, звезду с радиусом $R_{зв} \approx 3R_\odot$ окружает обширная, движущаяся с постоянной скоростью, эмиссионная область радиусом $R \approx 10\,R_{зв}$. Была определена плотность $N_H(R_{зв}) \approx 10^{10}$ и масса оболочки $\mathfrak{M}_{обол} \approx 10^{22}$ г. Скорость потери массы вычислялась Кухи по формуле:

$$\frac{dm}{dt} = 4\pi R_{зв}^2 N_H(R_{зв})\, v_0\, m_H.$$

Входящая в это выражение скорость истечения вещества v_0 считалась равной лучевой скорости края фиолетового эмиссионного крыла (величина v_B для наших измерений линии H_α). Недавно Гам [21] показал, что для RW Aur (звезда типа T Tau с сильными эмиссионными линиями) величина v_B зависит от блеска звезды и значение dm/dt переоценено Кухи, по-видимому, на фактор >2. Для RY Tau в [13] принимается значение скорости истечения $v_0 = 325$ *км/сек*. Измерение v_B для RY Tau на наших спектрограммах линии H_α показало, что эта величина является переменной, однако зависимости от блеска не обнаружено. По 14 спектрограммам среднее значение $v_B \approx 470$ *км/сек.*

Подобные изменения спектральных линий свойственны, по-видимому, многим звездам типа T Tau, что заставляет с осторожностью относиться к оценкам потери массы.

В настоящее время не известны причины, вызывающие свечение в линиях оболочек звезд типа T Tau. Согласно [13], для звезды с $R_{*} = 3R_{\odot}$ и $T = 4500°$ размер зоны H II, создаваемый звездной радиацией, очень мал и составляет $10^{-3}R_{*}$. Кухи считает возможным источником свечения поток частиц высокой энергии. Недавно Зайцева, Лютый, Черепащук [6] провели электрофотометрические наблюдения интенсивности линии H_{α} в спектре RY Tau. Они обнаружили, что как в минимуме блеска $(\overline{V} = 11^{m}.0)$, так и при более ярком блеске $(\overline{V} = 10^{m}.5)$ интенсивность эмиссии H_{α} коррелирует с показателем (U — B) — интенсивность линии растет с увеличением ультрафиолетового потока. В работе [6] сделан вывод, что эмиссия H_{α} у RY Tau имеет рекомбинационное происхождение.

Сопоставление полученных по нашим фотографическим наблюдениям величин $F_{\text{набл}}$ (H_{α}) с показателями (U — B) показано на рис. 6. Как видно из рисунка, наши наблюдения не противоречат результатам, полученным в [6] по электрофотометрическим наблюдениям. Согласно [6], время переменности излучения в линии H_{α} меньше суток, такой же вывод следует и из наших спектральных наблюдений. В таком случае нижняя граница электронной плотности в излучающей области $n_{e} \geqslant 10^{7}\,см^{-3}$.

Для интерпретации двухкомпонентного вида контуров линий в спектре RY Tau в [13] принимается, что эмиссионная область полностью прозрачна для излучения в линиях и поглощение происходит в слое, окружающем эту область и имеющем оптическую толщину $\tau \sim 1$. Тогда мы могли бы, для освобождения от влияния самопоглощения, достроить контур по наблюдаемым крыльям линии, увеличив тем самым интенсивность линии. Такая методика применялась в некоторых работах при интерпретации водородного спектра солнечных протуберанцев и усов. Однако, как показано в [22], это будет справедливо только для случая истинного поглощения света в линии, и в действительности необходимо учитывать процессы рассеяния квантов и их дробления. При этом, если диффузия излучения происходит с вероятностью переизлучения, равной единице, интенсивность линии не меняется с увеличением оптической толщины. Однако контур линии с увеличением τ становится все более и более „седлообразным". Для оценки τ воспользуемся расчетами Гринина [23]. Им были вычислены интенсивности водородных линий в спектре оптически толстой плазмы, частично непрозрачной в бальмеровской серии, при рекомбинационном

механизме заселения уровней. Для линии H_α в его расчетах было принято предположение о чистом рассеянии излучения. Сравнение наблюдаемого для оболочки RY Tau отношения $H_\alpha/H_\beta \approx 7$ с результатами [23] приводит к $\tau \approx 40$. Но здесь следует отметить, что расчеты [23] проведены для среды, движущейся с небольшим градиентом скорости.

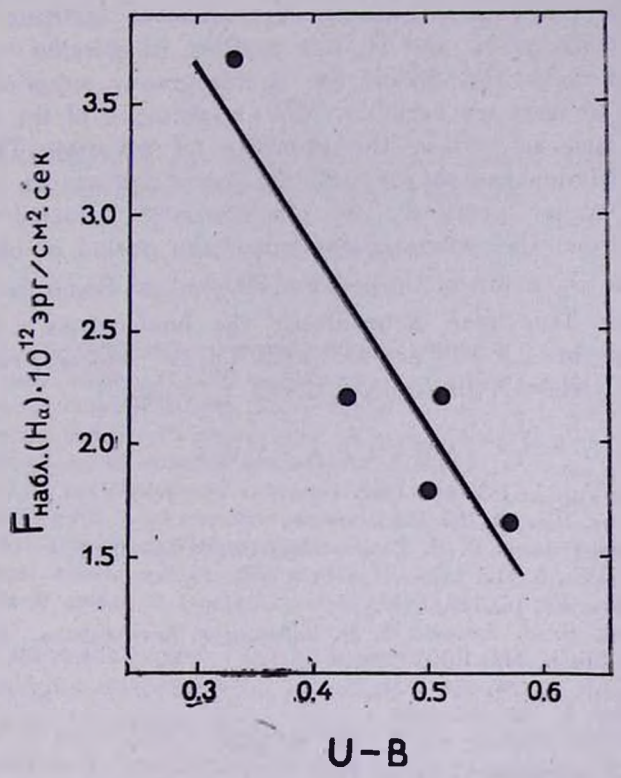

Рис. 6. Зависимость наблюдаемого потока в линии H_α от (U—B).

Для более точных оценок при сравнении наблюдаемого и теоретического бальмеровских декрементов следует использовать расчеты, аналогичные выполненным в [24].

Авторы благодарны Э. А. Дибаю за постоянное внимание к работе, В. Ф. Есипову за помощь в организации наблюдений и критические замечания, сделанные при прочтении статьи, а также В. П. Гринину за полезное обсуждение результатов работы. Мы благодарны дирекции ГАО АН УССР за предоставленную возможность работы на микрофотометре обсерватории.

Крымская станция ГАИШ

VARIATIONS OF EMISSION H_α AND H_β LINE PROFILES IN THE SPECTRUM OF RY TAU

E. A. KOLOTILOV, G. V. ZAYTSEVA

Spectral and photoelectric UBV observations of the irregular variable star RY Tau were carried out in 1971—73 with the 125 and 60-*cm* reflectors of the Sternberg Astronomical Institute Southern Station. The emission H_α and H_β line profiles (dispersion ~ 20 A/*mm*) were obtained with the diffraction spectrograph supplied with an image tube. The lines are variable. The appearance of the line profile changes with time as well as the intensity of emission. The analysis of the H_α — emission has shown that the line wings nan be represented well by the Doppler profiles. The characteristic velocity of motions v_D obtained from the wings changes over the period of observations, the mean value v_D being of the order of 200 *km/sec*. Some characteristics of the envelope have been determined: the luminosities in H_α and H_β lines are equal to $2.2 \cdot 10^{31}$ *erg/sec* and $4.6 \cdot 10^{30}$ *erg/sec*, respectively, the ratio of $H_\alpha/H_\beta \approx 7$, the optical depth $\tau_{H_\alpha} \approx 40$.

ЛИТЕРАТУРА

1. *J. H. Herbig*, Ap. J., 133, 337, 1961.
2. *П. Н. Холопов*, ПЗ, 10, 180, 1955.
3. *B. A. Dragomiretskaya, V. P. Tsesevich*, IBVS, № 546, 1961.
4. *W. Wenzel*, MVS, 5, 117, 1970.
5. *Г. В. Зайцева*, ПЗ, 16, 435, 1968.
6. *Г. В. Зайцева, В. М. Лютый, А. М. Черепащук*, Астрофизика, 10, 357, 1974.
7. *E. Mendoza*, Ap. J., 143, 1010, 1966.
8. *E. Mendoza*, Ap. J., 151, 977, 1968.
9. *A. H. Joy*, Ap. J., 102, 168, 1945.
10. *W. Bonsack, J. Greenstein*, Ap. J., 131, 83, 1960.
11. *Э. А. Дибай*, Астрофизика, 5, 240, 1969.
12. *З. А. Исмаилов*, Астрон. цирк., № 763, 1973.
13. *L. V. Kuhi*, Ap. J., 140, 1409, 1964.
14. *Л. А. Бугаенко, О. И. Бугаенко*, сб. „Физика Луны и планет", Киев, 1966.
15. *Г. В. Зайцева, Е. А. Колотилов*, Астрофизика, 9, 185, 1973.
16. *А. А. Боярчук, И. И. Проник*, Изв. КрАО, 31, 3, 1964.
17. *А. Н. Коваль*, Изв. КрАО, 44, 94, 1972.
18. *А. Д. Код*, сб. „Звездные атмосферы", М., 1963.
19. *В. Страйжис, З. Свидерскене*, Бюлл. Вильнюсской астрон. обсерватории, № 35, 1972.
20. *П. Н. Холопов*, Астрон. ж., 36, 295, 1965.
21. *G. Gahm*, Astron. Astrophys., 8, 73, 1970.
22. *В. В. Соболев*, Астрон. ж., 39, 632, 1962.
23. *В. П. Гринин*, Астрофизика, 5, 371, 1969.
24. *А. А. Боярчук*, Изв. КрАО, 35, 45, 1966.